

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 560 885**

51 Int. Cl.:

**H02K 33/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.06.2010 E 10728358 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.11.2015 EP 2441158**

54 Título: **Motor eléctrico para un aparato eléctrico pequeño**

30 Prioridad:

**12.06.2009 EP 09007761**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**23.02.2016**

73 Titular/es:

**BRAUN GMBH (100.0%)  
Frankfurter Strasse 145  
61476 Kronberg/Taunus, DE**

72 Inventor/es:

**DOLL, ALEXANDER;  
SCHOBBER, UWE y  
KRESSMANN, FRANK**

74 Agente/Representante:

**DEL VALLE VALIENTE, Sonia**

**ES 2 560 885 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Motor eléctrico para un aparato eléctrico pequeño

5 La invención se refiere a un motor eléctrico para hacer funcionar un aparato eléctrico pequeño y un aparato eléctrico pequeño que tiene un motor eléctrico de este tipo. La invención también se refiere a un método para hacer funcionar un motor eléctrico de este tipo.

10 WO 2005/006538 A1 se basa en un aparato eléctrico pequeño que tiene un motor eléctrico para producir un movimiento oscilante. Se proporcionan dos componentes de transmisión, uno de los cuales se conecta a una parte flexible por medio de al menos un elemento elástico y puede activarse; puede impartir un movimiento oscilante por medio de un campo magnético de un inductor. Los dos componentes de transmisión se conectan entre sí por medio de un elemento adicional y se diseñan de modo que se accionen mutuamente y se disponen en el aparato eléctrico pequeño para ejecutar movimientos oscilantes en oposición de fase mutua.

15 Se conocen motores eléctricos que pueden generar un movimiento rotatorio y un movimiento oscilante de traslación y que se utilizan, por ejemplo, para cepillos dentales eléctricos. Un motor eléctrico como el descrito en WO 2005/062445 tiene dos componentes de motor oscilantes y una disposición de imanes con varios imanes permanentes. Se proporciona un inductor para producir un campo magnético. En interacción con la disposición de imanes, este campo magnético actúa para generar una fuerza que active un movimiento oscilante de traslación de uno de los componentes oscilatorios. La interacción del campo magnético producido con el inductor y la disposición de imanes genera también un par para activar un movimiento oscilante de rotación de un segundo componente de motor oscilatorio. Con esta disposición se puede generar tanto un movimiento de traslación como un movimiento oscilante rotatorio sin necesidad de transmisión.

20 En el caso de un cepillo de dientes eléctrico según EP-0.850.027 B1 se proporciona una unidad de transmisión electromotriz en una carcasa que, por una parte, transfiere un movimiento rotatorio con la ayuda de una transmisión a un eje, cuyo movimiento se puede convertir, por ejemplo, en un movimiento rotatorio de un cabezal de cerdas del cepillo de dientes. Un segundo componente de la unidad de transmisión electromotriz se conecta de forma excéntrica a la salida del motor eléctrico y activa de este modo un movimiento oscilante de traslación de una manivela alrededor de un eje en ángulos rectos con respecto al eje del motor. La manivela oscilante ayuda a producir este movimiento pivotante y a conducir el eje al mismo, lo que contribuye a transferir el movimiento oscilante de rotación.

35 WO 2005/048437 describe una unidad de transmisión para producir un movimiento oscilante para, por ejemplo, producir una oscilación rotatoria del cabezal de cerdas de un cepillo de dientes eléctrico o de una máquina de afeitar eléctrica. Un rotor asimétrico se mueve en el interior de un estátor que tiene un inductor y una primera y segunda disposición de imanes. El rotor tiene una primera y una segunda extensión radial, en donde las disposiciones de imanes relativas a las extensiones radiales del rotor permiten una asignación pareada entre las disposiciones de imanes y las extensiones radiales. Al mismo tiempo, la disposición se selecciona de tal forma que la interacción magnética entre la disposición de imanes y la extensión radial de cada par sea mayor que la interacción magnética entre la disposición de imanes y la extensión radial de dos pares distintos. Esto permite diseñar un rotor con una masa inferior y un momento de inercia menor. El rotor se acopla al estátor mediante una interacción de enderezamiento proporcionada por un elemento elástico y forma, así, un sistema oscilatorio. En este caso, una inversión periódica de los polos del flujo de corriente en los inductores produce una rotación oscilante del rotor. Además, la respectiva rotación en la dirección de la posición "off" se facilita mediante el momento enderezador producido por el elemento elástico. Como fuerza elástica adicional, se tiene en cuenta el momento enderezador magnético ejercido sobre el rotor por los imanes de una disposición de imanes. Como elemento elástico para la interacción enderezador, las realizaciones describen una barra de torsión, un resorte helicoidal o un resorte en espiral que ayuda a acoplar el rotor al estátor. La frecuencia de resonancia depende del sistema resorte/masa formado por el rotor y el elemento elástico, por ejemplo, la barra de torsión.

50 El problema de la presente invención es indicar un motor eléctrico para un aparato eléctrico pequeño y diseñar un aparato eléctrico de este tipo que sea pequeño y barato. Además, también se pretende indicar un método para hacer funcionar un motor eléctrico de este tipo.

55 El problema se resuelve mediante un motor eléctrico que tiene las características de la reivindicación 1, un aparato eléctrico pequeño que tiene las características de la reivindicación 11, y un método para hacer funcionar un motor eléctrico que tiene las características de la reivindicación 13.

El objeto de las reivindicaciones dependientes consiste, en cada caso, en realizaciones ventajosas.

60 Un motor eléctrico según la invención tiene, al menos, un primer componente de motor oscilante y un inductor para producir un campo magnético. Se proporciona una primera disposición de imanes que tiene, al menos, un primer imán permanente. En interacción con un campo magnético producido con el inductor, genera una fuerza para activar un movimiento oscilante rotatorio del primer componente oscilante alrededor de un eje rotatorio, y así ayuda, en particular, a proporcionar un movimiento oscilante de rotación.

65

5 En concreto, el motor eléctrico según la invención se caracteriza por que el al menos un primer componente de motor oscilatorio y la primera disposición de imanes se diseñan y/o disponen de tal manera que el par de reluctancia magnética que actúa entre el primer componente de motor y el al menos un imán permanente actúa como el momento enderezador exclusivo del movimiento oscilante de rotación. Por ello, resulta innecesario incorporar momentos enderezadores adicionales que se apliquen, particularmente, en los resortes de retorno y es posible obtener un diseño especialmente pequeño que tenga las propiedades esperadas.

10 Cuando se conecta la corriente de la bobina, el inductor induce un flujo magnético en el primer componente de motor oscilante, que se orienta en función del campo magnético producido por la primera disposición de imanes para minimizar la energía. Si después del movimiento de orientación el inductor pone la corriente a cero, las líneas del campo magnético de la primera disposición de imanes intentan desviarse tanto como les es posible del primer componente oscilante. Como resultado, el primer componente oscilante experimenta un momento enderezador (par de reluctancia) que vuelve a situar al primer componente de motor oscilante en su posición de inicio por sí mismo.

15 Un motor eléctrico según la invención hace posible prescindir completamente de resortes mecánicos oscilantes adicionales debido a que las fuerzas de reposición se proporcionan exclusivamente a través del par de reluctancia magnética. Esto simplifica en gran medida la construcción del motor y reduce el número de componentes, lo que afecta positivamente al tamaño del diseño y a los costes de fabricación.

20 Por consiguiente, un método según la invención para hacer funcionar un motor eléctrico se caracteriza por que se utiliza el par de reluctancia magnética, que se genera entre el al menos un componente de motor oscilatorio y el al menos un imán permanente, como único momento enderezador para el movimiento oscilante rotatorio.

25 En particular, un método ventajoso no reivindicado para fabricar un motor eléctrico se caracteriza por que las geometrías del primer componente de motor oscilante y el al menos un imán permanente de la primera disposición de imanes se diseñan de tal manera que el par de reluctancia magnética se pueda usar como único momento enderezador para el movimiento oscilante rotatorio. Esto puede producirse, de una manera especialmente preferente, como parte de una simulación numérica de los componentes individuales y las fuerzas que actúan entre ellos. Al mismo tiempo, la simulación numérica hace que las correspondientes pruebas objetivas resulten innecesarias y que sea posible ajustar, anticipadamente y de forma muy precisa, los parámetros individuales. Las otras etapas del proceso de fabricación de motores eléctricos son muy conocidas y no son esenciales para la invención. Por ese motivo no se describen por separado.

35 Ejemplos de parámetros correspondientemente simulados y establecidos como especialmente sensibles son el ángulo de apertura del rotor del al menos un componente de motor oscilante y el ángulo del segmento de imán de la primera disposición de imanes.

40 Según una realización, el primer componente de motor oscilante tiene un rotor que se asigna a la primera disposición de imanes, y el ángulo de apertura del rotor junto con el ángulo del segmento de imán del primer imán permanente se eligen de forma que, cuando el motor eléctrico está en funcionamiento, se obtiene un curso esencialmente lineal del par de reluctancia entre el rotor y la primera disposición de imanes a través del ángulo de deflexión máxima elegido.

45 Una realización especialmente preferente del motor eléctrico según la invención tiene, con la ayuda, por ejemplo, de la etapa del proceso según la invención para fabricar un motor eléctrico según la invención, geometrías preestablecidas que producen un curso lineal que es inferior al ángulo de deflexión máxima, dependiendo del par de reluctancia magnética del ángulo de deflexión en al menos un área del ángulo de deflexión del primer componente oscilante. De este modo, el par de reluctancia magnética actúa como un momento enderezador lineal, similar a un resorte mecánico.

50 Las realizaciones especialmente ventajosas del motor eléctrico según la invención hacen posible activar, de forma adicional, un movimiento oscilante de traslación. Esto puede ser útil, por ejemplo, en el caso de un cepillo de dientes eléctrico, cuando se desea obtener tanto un movimiento rotatorio de una cabeza de cerdas que sostiene las cerdas y un movimiento hurgador de traslación de la cabeza de cerdas para eliminar la placa. Para ello, resulta especialmente adecuado que el movimiento oscilante de traslación sea perpendicular al eje del movimiento oscilante rotatorio.

55 Para ello, una realización del motor eléctrico según la invención proporciona al menos un segundo componente de motor oscilante y una segunda disposición de imanes que tiene, al menos, un segundo imán permanente que, en interacción con un campo magnético producido con el inductor, genera una fuerza para activar este movimiento oscilante de traslación del al menos un segundo componente oscilante.

60 Otra realización proporciona una segunda disposición de imanes que tiene, al menos, un imán permanente que, en interacción con un campo magnético producido con el inductor, genera una fuerza para activar un movimiento oscilante de traslación adicional del al menos un primer componente de motor oscilante. La última realización simplifica aún más la fabricación de un motor eléctrico y reduce el número de componentes, debido a que solo se necesita uno de los componentes del motor oscilante para proporcionar los dos movimientos oscilantes distintos. Por el contrario, en la primera realización, que tiene dos movimientos oscilantes, los movimientos oscilantes rotatorios y de traslación se desacoplan mucho entre sí, con lo que resulta muy fácil ajustar [el motor] a las necesidades específicas.

5 Cuando el diseño es tal que los movimientos oscilantes rotatorio y de traslación tienen frecuencias de resonancia distintas, los movimientos individuales, que tienen frecuencias de activación de la corriente de la bobina seleccionadas adecuadamente, se activan de forma selectiva o con distintas condiciones de amplitud. Por ejemplo, en el caso de un cepillo de dientes eléctrico, se pueden seleccionar distintos programas de limpieza mediante controles que tengan frecuencias correspondientes.

10 Una realización del motor eléctrico especialmente simple y fácil de fabricar se caracteriza por que la primera disposición de imanes comprende varios imanes permanentes dispuestos de forma coaxial al primer componente oscilante. Se pueden agrupar, por ejemplo, los imanes permanentes que tengan polos elegidos adecuadamente en una dirección circunferencial alrededor del primer componente oscilante. Una realización alternativa prevé que los imanes permanentes de la primera y, opcionalmente, la segunda disposición de imanes oscilen junto con el primer componente oscilante, dependiendo del tipo de rotor interior [utilizado].

15 En una realización que ocupa menos espacio, en la que el primer componente de motor oscilante efectúa no solo el movimiento rotatorio, sino también el movimiento oscilante de traslación, la segunda disposición de imanes presenta, preferentemente, varios imanes permanentes conectados a los imanes permanentes de la primera disposición de imanes en al menos una dirección axial.

20 En una realización preferente del motor eléctrico según la invención, en la que el movimiento oscilante rotatorio se produce por medio de un primer componente de motor oscilante y el movimiento oscilante de traslación se produce por medio de un segundo componente de motor oscilante, se proporciona un elemento de guiado de flujo que se dispone de forma que guíe el flujo magnético producido con el inductor para la interacción con el al menos segundo imán permanente. De esta forma se puede lograr fácilmente que el movimiento rotatorio y el movimiento de traslación sean independientes el uno del otro, y que el ángulo de deflexión del componente de motor oscilante activado para el movimiento oscilante de rotación no afecte al funcionamiento del componente de motor oscilante activado para el movimiento oscilante de traslación, incluso en el caso de que ambos se activen por medio del campo magnético del mismo inductor. El elemento de guiado de flujo puede comprender, por ejemplo, un yugo metálico que sujete las bobinas del inductor que producen el campo magnético.

25 30 Un aparato eléctrico pequeño según la invención tiene al menos un elemento oscilante en al menos un sentido de rotación que se activa por medio de un motor eléctrico según la invención para activar el al menos un movimiento oscilante rotatorio. Por ejemplo, el aparato eléctrico pequeño según la invención puede ser una máquina de afeitar eléctrica con un cabezal de corte. El motor eléctrico según la invención se puede utilizar de forma especialmente ventajosa en un cepillo de dientes eléctrico, en donde el elemento oscilante comprende un cabezal de cerdas.

35 La descripción anterior de realizaciones especialmente ventajosas del motor eléctrico según la invención tiene como resultado diseños especialmente ventajosos del aparato eléctrico pequeño según la invención.

40 Las Figuras adjuntas, que representan realizaciones ilustrativas y esquemáticamente distintas según la invención, describen la invención en detalle:

La Figura 1 muestra, en un dibujo parcialmente transparente, una primera realización de un motor eléctrico según la invención;

45 La Figura 2 muestra un corte lateral a través de la unidad de rotación de una realización fácilmente modificado de un motor eléctrico según la invención;

50 Las Figuras 3a y 3b son dibujos esquemáticos que explican el momento enderezador del movimiento oscilante de rotación de un motor eléctrico según la invención;

La Figura 4 muestra el curso del par de reluctancia en función del ángulo de deflexión del rotor para un ejemplo de un motor eléctrico según la invención;

55 Las Figuras 5a y 5b son dibujos esquemáticos que explican la potencia de reluctancia de una deflexión de traslación del rotor en una realización de un motor eléctrico según la invención;

La Figura 6 muestra la disposición de imanes permanentes de la primera y la segunda disposición de imanes para una segunda realización de un motor eléctrico según la invención;

60 La Figura 7 es un dibujo esquemático de una tercera realización de un motor eléctrico según la invención;

La Figura 8 es un dibujo esquemático de una cuarta realización de un motor eléctrico según la invención;

65 La Figura 9 es un dibujo esquemático de una quinta realización de un motor eléctrico según la invención; y

La Figura 10 es un dibujo esquemático de una sexta realización de un motor eléctrico según la invención.

La Figura 1 muestra, en un dibujo parcialmente transparente, un motor eléctrico según la invención 10. En una carcasa metálica 12, ilustrada aquí de forma transparente para mostrar los componentes situados en su interior, se encuentra una primera disposición de imanes que tiene imanes permanentes 14, 16, 18 y 20. En este caso, la disposición se ha elegido de forma que, en el caso de los imanes 14 y 18, el polo sur magnético se muestra orientado hacia el eje z, es decir, emitiendo radiación hacia dentro, mientras que el polo norte magnético se muestra emitiendo radiación hacia fuera. En el caso de los imanes 16 y 20, por otro lado, el polo sur magnético se muestra emitiendo radiación hacia fuera y el polo norte magnético se muestra emitiendo radiación hacia dentro, hacia el eje z de rotación. Estos imanes permanentes 14, 16, 18 y 20 forman la primera disposición de imanes, que se utiliza para producir un movimiento oscilante de rotación del rotor 22 alrededor del eje z de rotación. Además, el motor eléctrico 10 tiene, en este caso, un inductor 24 electromagnético de dos partes cuyas superficies de bobina son perpendiculares al eje x de coordenadas. El rotor 22 se fabrica de un material metálico adecuado y magnetizable, por ejemplo hierro.

Una segunda disposición de imanes comprende imanes permanentes 26, 28, 30 y 32 conectados axialmente en la dirección z a los imanes de la primera disposición de imanes. A pesar de que, en esta realización, la disposición de los polos norte y sur de los imanes 30 y 32 se corresponde con la disposición de los polos magnéticos de los imanes 18 y 20 permanentes adyacentes de la primera disposición de imanes, en el caso de los imanes permanentes 26 y 28, la polaridad es distinta a la de los imanes permanentes 14 y 16 de la primera disposición de imanes, que están conectados axial y directamente. En consecuencia, particularmente en el caso de los imanes 26 y 32, el polo sur se muestra emitiendo radiación hacia fuera, mientras que el polo norte se muestra emitiendo radiación hacia dentro, hacia el eje z. En el caso de los imanes permanentes 28 y 30, el polo norte se muestra emitiendo radiación hacia fuera, mientras que el polo sur se muestra emitiendo radiación hacia dentro, hacia el eje z. Los imanes 18 y 30, al igual que los imanes 20 y 32, también se pueden construir, por ejemplo, como una unidad. La carcasa 12 metálica y magnetizable proporciona un yugo magnético para la disposición de los imanes permanentes de la primera y de la segunda disposición de imanes.

La Figura 2 muestra el corte lateral de una realización fácilmente modificada en la amplitud de la primera disposición de imanes, que se proporciona para obtener el movimiento oscilante de rotación. Además, aquí se muestra la dirección de movimiento del movimiento R oscilante rotatorio y la dirección de movimiento del movimiento L oscilante de traslación que el rotor 22 efectúa cuando funciona a pleno rendimiento.

El ejemplo de la realización de la Figura 2 explica los parámetros a y b., denotando b el ángulo del segmento de imán, que es una medida de la dimensión circunferencial de un imán permanente 14, 16, 18 y 20 de la primera disposición de imanes; y denotando a el tamaño correspondiente del rotor 22, dispuesto en este caso dentro de la primera disposición de imanes, que gira alrededor del eje z, y que, en lo sucesivo, se denominará ángulo de apertura del rotor. La Figura 2 muestra el motor eléctrico en la posición "off". En esa posición, el rotor 22 es simétrico a la primera disposición de imanes permanentes 14, 16, 18 y 20. El eje x mostrado forma entonces el eje central de la disposición de la imagen especular del rotor 22 y la primera disposición de imanes permanentes 14, 16, 18 y 20. El ángulo b del segmento de imán se determina entre el eje central S (eje x) y las dimensiones máximas circunferenciales de la primera disposición de imanes permanentes 14, 16, 18 y 20. El ángulo a de apertura del rotor se determina igualmente entre el eje central (eje x) y las dimensiones máximas circunferenciales del rotor 22.

En la realización modificada de la Figura 2, la carcasa metálica 12 de dos capas en la zona de los imanes permanentes 14, 16, 18 y 20 se refuerza también por medio del refuerzo 34 de carcasa, que también es metálico y magnetizable, y que ayuda a mejorar el yugo magnético de las líneas del campo magnético de los imanes permanentes.

La Figura 3 muestra, basándose en dos figuras esquemáticas, el modo de acción básico de las realizaciones según la invención, que utiliza la reluctancia magnética como el momento enderezador para el movimiento oscilante de rotación. Las polaridades del campo magnético de los imanes permanentes 14, 16, 18 y 20 del primer campo magnético de una disposición se indican en el dibujo por medio de flechas entre el polo sur (S) en la dirección del polo norte (N). Las líneas del campo magnético acoplan de una manera conocida la carcasa 12 (no mostrada en este caso) al refuerzo 34 de carcasa. La Figura 3A muestra la disposición en una etapa en la que el rotor 22 se encuentra en su posición "off".

Si la corriente de las bobinas está conectada, como se muestra en el inductor 24 representado esquemáticamente, el flujo magnético del rotor metálico 22 se produce en la dirección de las líneas 23 de flujo. Al mismo tiempo, se emplea una cruz en el corte lateral descrito del inductor 24 para simbolizar una dirección de la corriente opuesta a un punto en el corte lateral descrito. Se forman un polo sur magnético y un polo norte magnético (dibujados encima de esta en la figura). El rotor, que puede girar alrededor del eje z, intenta alinearse en este campo con la mínima energía posible, de modo que se crea una fuerza en la dirección de la flecha R1 para desviar el movimiento oscilante de rotación. Cuando el rotor 22 se ha alineado, por consiguiente, con la mínima energía, el polo norte del rotor 22 y el polo sur del imán permanente 14 se encuentran mutuamente opuestos, al igual que el polo sur del rotor 22 y el polo norte del imán permanente 20.

Si la corriente de las bobinas se pone ahora a cero, se creará una situación como la de la Figura 3b. El flujo magnético deja de estar presente dentro del rotor 22, que se inducirá por la corriente de las bobinas del inductor 24. Las líneas del campo magnético dentro de los imanes 16 y 14, por un lado, y 20 y 18, por otro lado, intentan desviarse del rotor metálico 22, como se indica en la Figura. 3b mediante la flecha 25. Se puede minimizar la mayoría de la energía si el yugo de las líneas del campo magnético con respecto al rotor 22 es del mayor tamaño posible. Este caso se da cuando el rotor se

dispone de forma simétrica a los imanes permanentes 14 y 16, por un lado, y 18 y 20, por otro lado y, a este respecto, se alinea nuevamente de forma perpendicular en las figuras. Esto tiene como resultado una fuerza (fuerza de reluctancia magnética) que devuelve al rotor 22 a su posición "off" simétrica. La dirección de movimiento resultante se indica como  $R_2$  y se opone a la dirección de deflexión o  $R_1$ , anteriormente explicada haciendo referencia a la Figura 3a.

En los motores eléctricos según la invención, en particular el ángulo de apertura del rotor y el ángulo b del segmento de imán se ajustan, con la ayuda de simulaciones numéricas, de tal manera que, bajo otras condiciones geométricas, la fuerza de reposición resultante tenga un valor deseado en la dirección  $R_2$  suficiente para producir un momento enderezador para el movimiento oscilante de rotación del rotor 22. Esto hace que sean innecesarios otros resortes de retorno, particularmente, mecánicos. De forma alternativa, el ángulo a de apertura del rotor y el ángulo b del segmento de imán se pueden determinar mediante pruebas. En el caso de obtener datos técnicos sobre el motor eléctrico (por ejemplo: par, frecuencia, potencia, medidas geométricas máximas, materiales), esto tiene como resultado una linealización óptima del par de reluctancia a través del campo angular dado del movimiento oscilante de rotación del rotor. Es posible obtener una constante de resorte análoga con respecto al par de reluctancia de la forma que se describe a continuación. Seleccionando el momento de masa de inercia, particularmente con respecto a la longitud del motor (esto es, en la dirección de la extensión del eje del motor), es posible ajustar la frecuencia de resonancia deseada del motor eléctrico.

En todas las realizaciones descritas anteriormente y en lo sucesivo, particularmente el ángulo a de apertura del rotor y el ángulo b del segmento de imán se eligen de tal manera que, en un campo del ángulo de deflexión del rotor 22 del mayor tamaño posible, el par de reluctancia (que se corresponde con el par resultante de la fuerza de reluctancia) es una función lineal del ángulo de deflexión. La Figura 4 muestra un ejemplo correspondiente en el que se da una conexión lineal de estas características para un ángulo de deflexión de hasta  $-15^\circ$ . Debido a su dependencia lineal respecto al ángulo de deflexión, el par de reluctancia actúa entonces como un resorte de retorno mecánico. Concretamente con respecto al ángulo de deflexión, el par de reluctancia linealizado tiene el efecto de proporcionar el par de reluctancia máximo. El valor de los cursos no linealizados del par de reluctancia es, al menos en subintervalos, inferior a la curva del par de reluctancia linealizada. Incluso una ligera desviación (por ejemplo de 1 grado) del ángulo a de apertura del rotor o del ángulo b del segmento de imán, del valor óptimo produce cursos no lineales y significativamente menores del par de reluctancia a través del campo angular de deflexión deseado, lo que en última instancia significa que la fuerza de reluctancia ya no puede utilizarse por sí misma como la única fuerza de reposición.

Así, el movimiento rotatorio de esta realización se inicia activando la corriente de las bobinas del inductor 24, que inicia el movimiento  $R_1$  mostrado en la Figura 3a, que mueve el rotor 22 desde su posición "off" mostrada en la Figura 3a. El corte de la corriente de las bobinas hace que las líneas de campo magnético de los imanes permanentes 14 y 16, por un lado, y 18 y 20, por el otro, se desvíen del rotor 22, lo que provoca que el par de reluctancia magnética resultante se mueva en la dirección  $R_2$ . Una elección adecuada de los parámetros, en particular del ángulo a de apertura del rotor y el ángulo b del segmento de imán, facilita el diseño según la invención; el par de reposición en la dirección  $R_2$  es suficiente para mantener el movimiento oscilante sin resortes de retorno mecánicos adicionales.

En la realización que se muestra en la Figura 1 de un motor eléctrico según la invención, la segunda disposición de imanes, con los imanes permanentes 26, 28, 30 y 32, puede provocar, además del movimiento oscilante de rotación, el movimiento oscilante L de traslación en la dirección Y ya descrito en la Figura 2. El movimiento L corresponde a un movimiento de golpeteo, de manera que los imanes de la disposición de imanes se denominarán también en adelante "imanes de golpeteo".

La Figura 5 muestra las condiciones magnéticas en la zona de los imanes 26, 28, 30 y 32 de golpeteo de la segunda disposición de imanes, que en la realización de la Figura 1 conectan axialmente a la primera disposición de imanes en la dirección del eje z.

Aunque la polaridad magnética de los imanes 30 y 32 de golpeteo corresponde a la polaridad magnética de los imanes 18 y 20, la polaridad magnética de los imanes 26 y 28 es inversa a la polaridad magnética de los imanes 14 y 16. Cuando se enciende la corriente de las bobinas del inductor 24, como se muestra en la Figura 5a, se crea el flujo magnético (indicado por las líneas de flujo 23) en el rotor 22. Debido a la interacción magnética entre el rotor 22 y los imanes permanentes, 26, 28, 30 y 32, se crea una fuerza 38.

Debido a la fuerza 38, el rotor 22 se desvía de manera que efectúa un movimiento de traslación en la dirección y, creando la situación que se muestra en la Figura 5b. Si, como se indica en la Figura 5b, la corriente de las bobinas del inductor 24 se pone a cero, se provoca una fuerza 40 de reluctancia magnética que activa las líneas de campo magnético en los imanes permanentes 28 y 32 para intentar desviarse del rotor 22 metálico y magnetizable, tal como se indica con las líneas 25 de campo magnético.

La fuerza 40 de reluctancia actúa aquí en la misma dirección que la fuerza 38 de golpeteo, por lo que un resorte mecánico 36 debe generar suficiente fuerza de contraposición para que el rotor 22 no se presione contra los imanes. Solo se muestra esquemáticamente que este resorte 36 se fija a la carcasa en un punto 37.

La Figura 6 muestra una realización modificada de la realización de la Figura 1, en la que la segunda disposición de imanes de golpeteo se presenta dos veces. Cada segunda disposición de imanes 26, 28, 30 y 32 se une a los

dos lados axiales de la primera disposición de imanes 14, 16, 18 y 20. A su vez, la Figura 6 muestra las polaridades de los imanes como flechas. La doble presencia de la segunda disposición de imanes 26, 28, 30 y 32 aumenta el efecto de golpeteo que se explicó con respecto a la Figura 5.

5 La Figura 7 muestra otra realización para generar un movimiento oscilante de rotación. En este motor 48, los imanes permanentes 50 y 52 están montados sólidamente en el rotor 54 y forman, según la nomenclatura elegida anteriormente, los imanes permanentes de una primera disposición de imanes [sic]. Las polaridades de los elementos magnéticos se indican como polos norte N y polos sur S. El rotor 54 gira alrededor del eje z junto con los imanes permanentes 50 y 52 en un área que está parcialmente rodeada por dos estatores 58, en donde los estatores se disponen, como se muestra, en un inductor 56 de dos partes. Si se activa una corriente en el inductor 56, el flujo magnético se induce en los estatores. Entonces se crea un polo norte en el extremo del rotor de un estátor, mientras que se crea un polo sur en el extremo del rotor del otro estátor 58. El yugo magnético se produce a través de la carcasa magnetizable 60.

15 En esta realización, la fuerza de reposición necesaria para devolver el rotor a su posición inicial está formada también por la fuerza de reluctancia magnética que se establece entre los imanes permanentes 50 y 52 y los estatores 58 después de desconectar la corriente de las bobinas. Por ejemplo, las geometrías de los elementos individuales se eligen por simulación numérica para que ningún otro elemento de reposición, además de la fuerza de reluctancia magnética, deba estar presente.

20 La realización de la Figura 7 también puede expandirse mediante imanes de golpeteo adicionales que se conectan a los imanes permanentes de la primera disposición de imanes 50 y 52 en dirección axial. Con el uso de la realización de la Figura 7, además del movimiento de rotación alrededor del eje Z, es posible un movimiento de golpeteo del rotor de una manera análoga a las realizaciones ya descritas.

25 La Figura 8 muestra otra realización de un motor 68, en el que el diseño es asimétrico y solo se usa un inductor 74. Como en la Figura 7, en este caso los imanes permanentes se mueven con el rotor 70 dentro de un estátor sólido 72. Se forma una disposición de polos magnéticos, por ejemplo (indicado por las letras N y S en el estátor 72), en el estátor 72 en el caso de una dirección de corriente de las bobinas correspondiente en el inductor 74. En el dibujo de la Figura 8 se pueden ver dos de cuatro imanes permanentes 76 de la primera disposición de imanes, que se unen al rotor 70 y que son responsables del movimiento oscilante de rotación de manera análoga a la de los imanes permanentes, 14, 16, 18 y 20 de la primera disposición de imanes que se describe en relación con las Figuras 1 a 5 y 6. No se pueden ver dos imanes permanentes adicionales de la primera disposición de imanes en el dibujo de la Figura 8 porque el estátor 72 los cubre.

35 Los imanes 80, 82, 84 y 86 de golpeteo de la segunda disposición de imanes, que son responsables del movimiento oscilante L de traslación en la dirección y, se conectan a ambos lados de los imanes permanentes de la primera disposición de imanes en la dirección del eje z. Además, en la realización de la Figura 8, las geometrías se eligen de tal manera que, para el movimiento oscilante de rotación alrededor del eje z, el par de reluctancia magnética actúa como un solo momento enderezador para devolver el rotor 70 a su posición de inicio después de la deflexión en la dirección de rotación y la desconexión de la corriente de las bobinas.

40 Las realizaciones que se han descrito en relación con las Figuras 1 a 8 se caracterizan por que el rotor, como primer componente oscilante, proporciona tanto el movimiento oscilante de rotación como el movimiento oscilante de traslación que se puede transferir, por ejemplo, directamente a una cabeza de cerdas de un cepillo de dientes.

45 La Figura 9 muestra una realización de un motor 100, en el que un primer componente oscilante está formado por el rotor 22 que, en este caso, es responsable solo del movimiento oscilante de rotación. El movimiento oscilante de rotación lo produce una primera disposición de imanes 14, 16, 18 y 20 a través de un campo magnético de un inductor 24, como ya se explicó en relación con la primera disposición de imanes de la Figura 1. Dado que el modo de funcionamiento es el mismo que el de la realización de la Figura 1, se utilizaron los mismos números de referencia.

50 La magnetización de los imanes permanentes, 14, 16, 18 y 20 también es la misma que en la realización de la Figura 1.

55 En la realización de la Figura 9 también se dispone el rotor 22 dentro del inductor 24, que en este caso consta de dos elementos, y que en la disposición mostrada produce un campo magnético en la dirección x cuando la corriente pasa a través de él. El rotor 22 rota alrededor del eje z que es magnetizado por el campo magnético que se produce cuando se conecta el inductor.

60 También se encuentra situado dentro de las bobinas del inductor 24 un elemento 102 de guiado del flujo en forma de U hecho de, por ejemplo, hierro, y que tiene una base 104 y dos piezas 106 y 108 laterales de guiado del flujo. Cuando se conecta la corriente de las bobinas, se induce un flujo magnético en su interior, que es recibido por una segunda disposición de imanes que comprende dos imanes permanentes, en donde los segmentos 110 y 112 son los polos sur y los segmentos 114 y 116 son los polos norte. Los segmentos magnéticos están sólidamente conectados a un rotor 118 que se monta de tal manera que pueda llevar a cabo un movimiento oscilante de traslación en la dirección L.

La inducción por parte del inductor 24 de un flujo magnético en el elemento 102 de guiado del flujo provoca una alineación de minimización de energía de los imanes de la segunda disposición de imanes 110, 112, 114 y 116, que hace que el rotor 118 se mueva en la dirección x, es decir, en la dirección radial con respecto del eje z rotación del rotor 22.

5 El rotor 22, el elemento 102 de guiado del flujo y el rotor 118 tienen, cada uno, un agujero central a través del cual se conduce un eje (no mostrado) que el rotor 22 ayuda a girar. Al mismo tiempo, el agujero central del rotor 118 tiene, como mínimo, unas dimensiones lo suficientemente grandes para que un eje conectado al rotor 22 no participe en el movimiento oscilante L de traslación del rotor 118.

10 Los movimientos oscilantes del rotor 118 y del rotor 22 por lo tanto son independientes uno del otro. El rotor 118 y el rotor 22 pueden, por tanto, utilizarse, si es necesario, como transmisiones independientes para un movimiento oscilante de traslación (L) y de rotación (R).

15 Además, en la realización de la Figura 9, similar a la realización de la Figura 1, las geometrías de los elementos individuales, en particular el ángulo de apertura de rotor del rotor 22 y el ángulo del segmento de imán de los imanes permanentes de la primera disposición de imanes, se eligen de tal manera que el par de reluctancia magnética actúa como una fuerza de reposición para el movimiento oscilante de rotación.

20 La Figura 10 muestra otra realización del motor eléctrico 128 según la invención, en la que el movimiento oscilante de rotación y el movimiento oscilante de traslación se llevan a cabo por dos elementos independientes.

En este caso, un inductor 130 rodea un núcleo 132 metálico y magnetizable. En la disposición de la Figura 10, la alineación longitudinal del núcleo 132 es paralela al eje del inductor.

25 En la Figura 10, la primera disposición de imanes responsable de la rotación se dispone debajo el inductor 130 y comprende los imanes permanentes 134, 136 y 138. Un cuarto imán permanente (no visible en el dibujo de la Figura 10) forma un rectángulo junto con los imanes permanentes 134, 136 y 138. La polaridad de los imanes permanentes está, en cada caso, indicada por las letras N (polo norte) y S (polo sur). La polaridad del imán invisible corresponde a la del imán permanente 136. Debajo del imán permanente se encuentra un elemento 140 metálico y magnetizable, como un yugo magnético. Cuando se induce una corriente en el inductor 130 que lleva, por ejemplo, a la formación de un polo norte en el extremo inferior del núcleo 132, se activa un movimiento de los imanes permanentes 134, 136 y 138 junto con el yugo metálico 140 alrededor del eje z. En la Figura 10, sobre el inductor 130 se disponen los imanes permanentes de una segunda disposición de imanes que es responsable de un movimiento de golpeteo. La polaridad de estos imanes permanentes 142 y 144 también está indicada por las letras N (polo norte) y S (polo sur).  
30 Cuando se activa una corriente en el inductor 130 que genera un flujo magnético en el núcleo metálico 132 que conduce al polo sur en el extremo superior del núcleo 132, la disposición de los imanes permanentes 142 y 144 en la Figura 10 se mueve hacia la izquierda. La inversión de la polaridad de la dirección de la corriente produce un movimiento hacia la derecha. Los imanes permanentes 142 y 144 se acoplan magnéticamente por medio de un elemento 146 que comprende un material metálico magnetizable adecuado.

40 El número 148 de referencia se refiere a partes de la carcasa.

45 La disposición y el diseño de los imanes permanentes 134, 136 y 138 en relación con el núcleo 132 pueden determinarse por simulación numérica, por lo que también en esta realización la fuerza de reluctancia magnética actúa como un momento enderezador para el movimiento oscilante de rotación. Así, el elemento 140 puede actuar como salida para un movimiento oscilante de rotación y el elemento 146 puede actuar como salida para un movimiento oscilante de traslación.

50 La característica, según la invención, en la que la fuerza de reluctancia magnética se utiliza como el único momento enderezador para el movimiento oscilante de rotación es común a todas las realizaciones que se han descrito.

55 Para garantizar que la fuerza de reluctancia magnética proporcione una fuerza de reposición adecuada para el movimiento oscilante de rotación, la invención establece el siguiente procedimiento. En primer lugar, se compilan los requisitos deseados del motor (por ejemplo: par, frecuencia, rendimiento, medidas geométricas máximas u otras limitaciones de diseño). Se acepta un sistema de motor que, por ejemplo, corresponda a una de las realizaciones mostradas. En particular, el ángulo b del segmento de imán y el ángulo a de apertura del rotor, como se explicó con relación a la Figura 2, o las dimensiones relevantes en el caso de otras geometrías, se varían como parte de una simulación numérica hasta encontrar una configuración adecuada en la que el par de reluctancia sea lineal en todo el campo angular prescrito.

60 Por último, puede establecerse la frecuencia deseada para el movimiento oscilante de rotación. Para ello, se determina una constante de resorte análoga a partir del par de reluctancia y el ángulo de deflexión. Si el curso lineal del par de reluctancia depende del ángulo (como ocurre, por ejemplo, en la Figura 4), la constante del resorte es constante. También se calcula el momento de masa de inercia del rotor, incluido el eje. La frecuencia de oscilación resultante es entonces  $(1/(2\pi)) \cdot (\text{constante de resorte/momento de masa de inercia})^{1/2}$ . Este ejemplo simplemente calcula la frecuencia de un oscilador de una sola masa, en donde una segunda masa formada, por ejemplo, por la carcasa, puede incluirse en el  
65 cálculo de una manera conocida. Variando, en particular, el ángulo del segmento de imán y el ángulo de apertura del rotor,

se puede elegir el curso del par de reluctancia como una función del ángulo de deflexión, es decir, la constante de resorte. La frecuencia deseada puede elegirse seleccionando adecuadamente la constante de resorte y el momento de inercia.

5 En las realizaciones que proporcionan un movimiento oscilante tanto de rotación como de traslación, la fuerza de reposición para el movimiento oscilante de traslación puede garantizarse por elementos de reposición mecánicos. En particular, la frecuencia de resonancia del movimiento oscilante de traslación puede ajustarse alejada de la frecuencia de resonancia del movimiento oscilante de rotación, de manera que se puedan activar las oscilaciones individuales de forma independiente una de la otra, siempre que la activación de la corriente de las bobinas del inductor corresponda a la frecuencia de resonancia de uno de estos movimientos oscilantes.

10

Listado de números de referencia

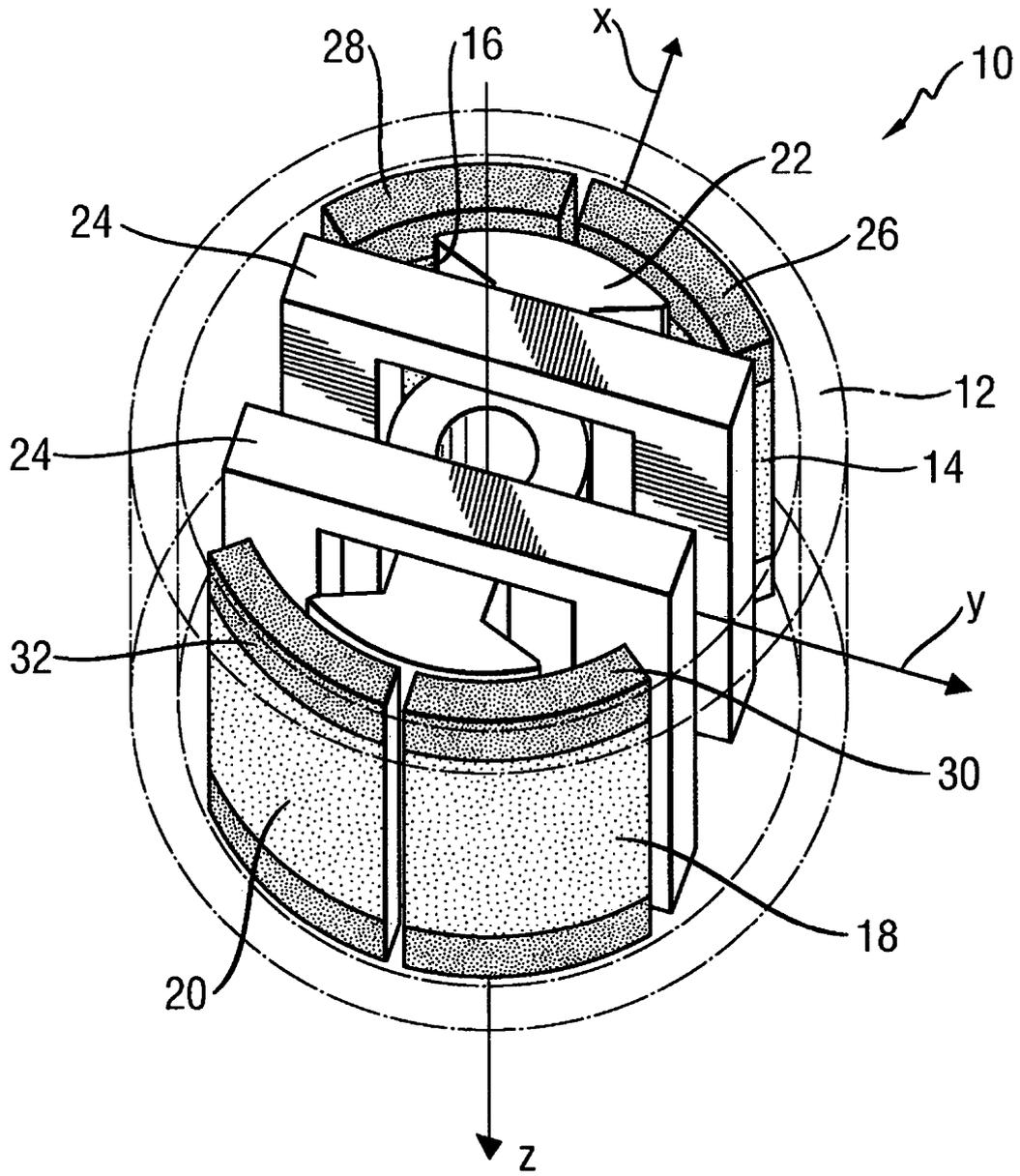
10	Motor eléctrico
12	Carcasa
14, 16, 18, 20	Imanes permanentes de la primera disposición de imanes
22	Rotor
23	Líneas de flujo magnético
24	Inductor
25	Líneas de campo magnético
26, 28, 30 y 32	Imanes permanentes de la segunda disposición de imanes
34	Refuerzo de la carcasa
37	Punto fijado a la carcasa
38	Fuerza de golpeteo
40	Fuerza de reluctancia
48	Motor eléctrico
50, 52	Imanes permanentes
54	Rotor
56	Inductor
58	Estátor
60	Carcasa
68	Motor eléctrico
70	Rotor
72	Estátor
74	Inductor
76	Imanes permanentes de la primera disposición de imanes
80, 82, 84, 86	Imanes permanentes de la segunda disposición de imanes
100	Motor eléctrico
102	Elemento de guiado del flujo
104	Base del elemento de guiado del flujo
106, 108	Pieza lateral de guiado del flujo
110, 112, 114, 116	Segmentos magnéticos de la segunda disposición de imanes
118	Rotor
128	Motor eléctrico
130	Inductor
132	Núcleo del inductor
134, 136, 138	Imanes permanentes de la primera disposición de imanes
140	Yugo magnético
142, 144	Imanes permanentes de la segunda disposición de imanes
146	Yugo magnético
148	Partes de la carcasa
R	Movimiento oscilante de rotación
L	Movimiento oscilante de traslación
R <sub>1</sub> , R <sub>2</sub>	Dirección de movimiento de rotación
z	Eje de rotación
N	Polo Norte
S	Polo Sur

**REIVINDICACIONES**

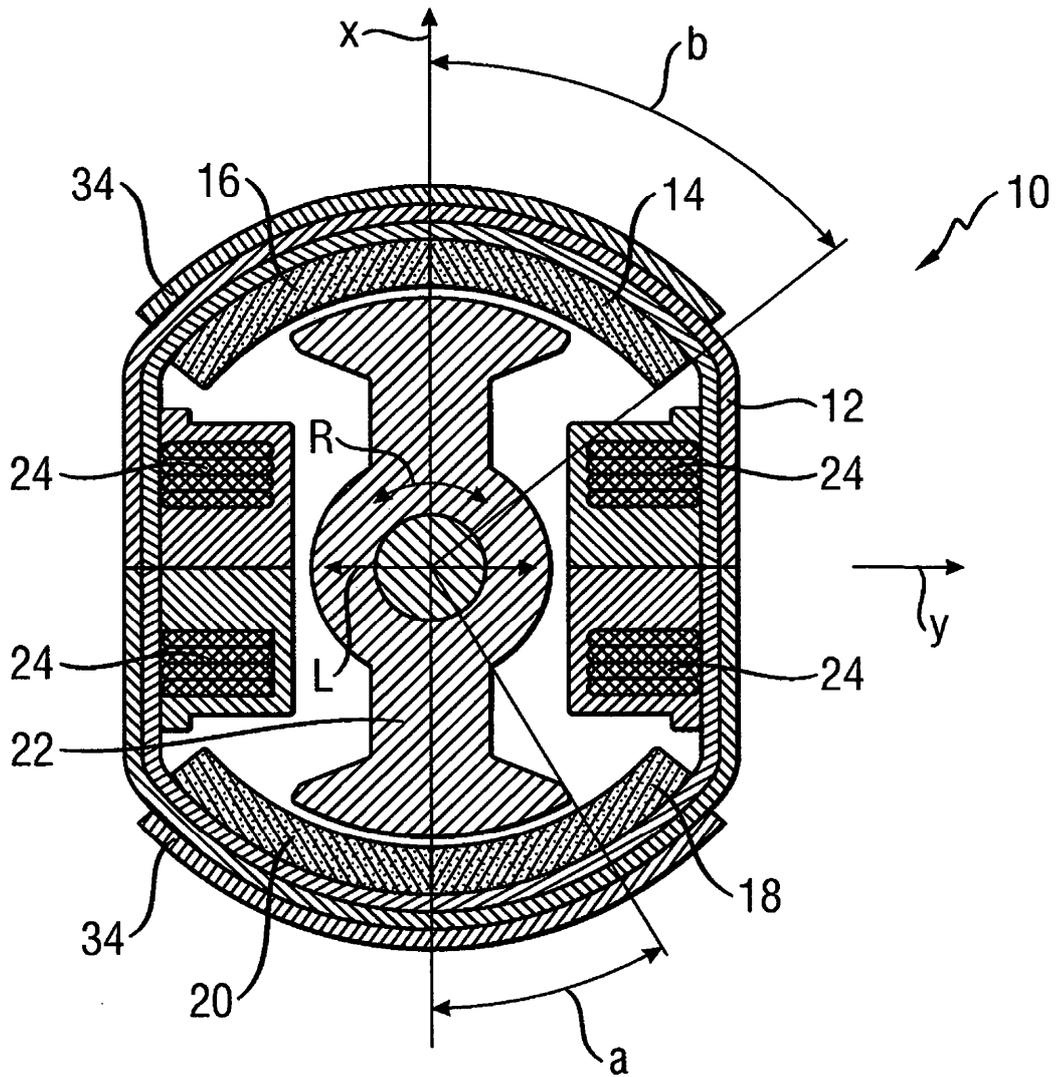
1. Motor eléctrico (10, 48, 68, 100, 128) para hacer funcionar un dispositivo eléctrico pequeño que tiene
  - 5 - al menos un primer componente (22, 54, 70, 140) de motor oscilante,
  - un inductor (24, 56, 74, 130) para producir un campo magnético, y
  - 10 - una primera disposición de imanes que tiene, al menos, un primer imán permanente (14, 16, 18, 20; 50, 52; 76; 134, 136, 138) que, en interacción con un campo magnético producido con el inductor (24, 56, 74, 130) genera una fuerza para activar un movimiento (R) oscilante de rotación del al menos un primer componente (22, 54, 70, 140) de motor oscilante alrededor de un eje (z) de rotación,
  - 15 caracterizado por que
 

el al menos un primer componente (22, 54, 70) de motor oscilante y la primera disposición de imanes están diseñados de tal manera que el par de reluctancia magnética que actúa entre el primer componente (22, 54, 70, 140) de motor oscilante y el al menos un imán permanente (14, 16, 18, 20; 50, 52; 76; 134, 136, 138) de la primera disposición de imanes actúa como fuerza de reposición exclusiva para el movimiento (R) oscilante de rotación para mantener el movimiento oscilante sin ningún resorte de retorno mecánico adicional.
- 25 2. Motor eléctrico según la reivindicación 1, caracterizado por al menos un segundo componente (118, 146) de motor oscilante y una segunda disposición de imanes que tiene, al menos, un segundo imán permanente (110, 112, 114, 116; 142, 144) que en interacción con un campo magnético producido con el inductor (24, 130) genera una fuerza para activar un movimiento (L) oscilante de traslación del al menos un segundo componente (118, 146) de motor oscilante.
- 30 3. Motor eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, caracterizado por que una segunda disposición de imanes que tiene, al menos, un segundo imán permanente (26, 28, 30, 32; 80, 82, 84, 86) que en interacción con un campo magnético producido con un inductor (24, 74) genera una fuerza para activar un movimiento (L) oscilante de traslación del al menos un primer componente (22, 70) de motor oscilante.
- 35 4. Motor eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 2 o 3, caracterizado por que el movimiento (L) oscilante de traslación es perpendicular al eje (z) de rotación del movimiento (R) oscilante de rotación.
- 40 5. Motor eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado por que los movimientos oscilantes (L) de traslación y (R) de rotación tienen diferentes frecuencias de resonancia.
- 45 6. Motor eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, caracterizado por que los imanes permanentes de la primera (76) y la segunda (80, 82, 84, 86) disposición de imanes se mueven con el primer componente (70) de motor oscilante.
7. Motor eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que la primera disposición de imanes comprende varios imanes permanentes (14, 16, 18, 20; 50, 52; 76) dispuestos coaxialmente al primer componente oscilante (22, 54, 70).
- 50 8. Motor eléctrico según la reivindicación 9 y la reivindicación 3, caracterizado por que la segunda disposición de imanes comprende varios imanes permanentes (26, 28, 30, 32; 80, 82, 84, 86) que están conectados en al menos una dirección axial a los imanes permanentes (14, 16, 18, 20, 76) de la primera disposición de imanes.
- 55 9. Motor eléctrico según la reivindicación 2 o cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, caracterizado por al menos un elemento (102) de guiado de flujo que se dispone de tal manera que guía flujo magnético producido con el inductor (24) para la interacción con el al menos un segundo imán permanente (110, 116; 112, 114).
- 60 10. Motor eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que el eje del al menos un inductor (24, 56, 74) y el eje (z) de rotación del movimiento (R) oscilante de rotación son perpendiculares entre sí.
- 65 11. Dispositivo eléctrico pequeño que tiene, al menos, un elemento oscilante en al menos una dirección de rotación, caracterizado por un motor eléctrico (10, 48, 68, 100, 128) según una de las reivindicaciones anteriores para activar al menos el movimiento (R) oscilante de rotación.
12. Dispositivo eléctrico pequeño según la reivindicación 11, caracterizado por que está diseñado como un cepillo dental eléctrico y el al menos un elemento oscilante comprende un cabezal de cerdas.

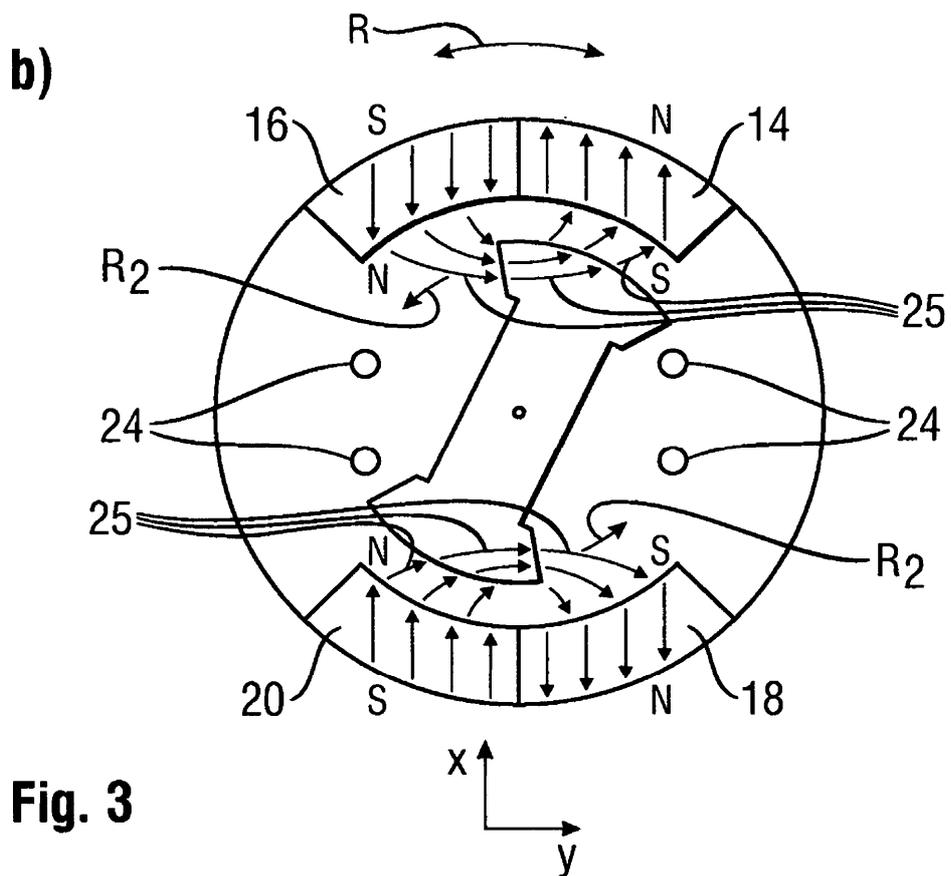
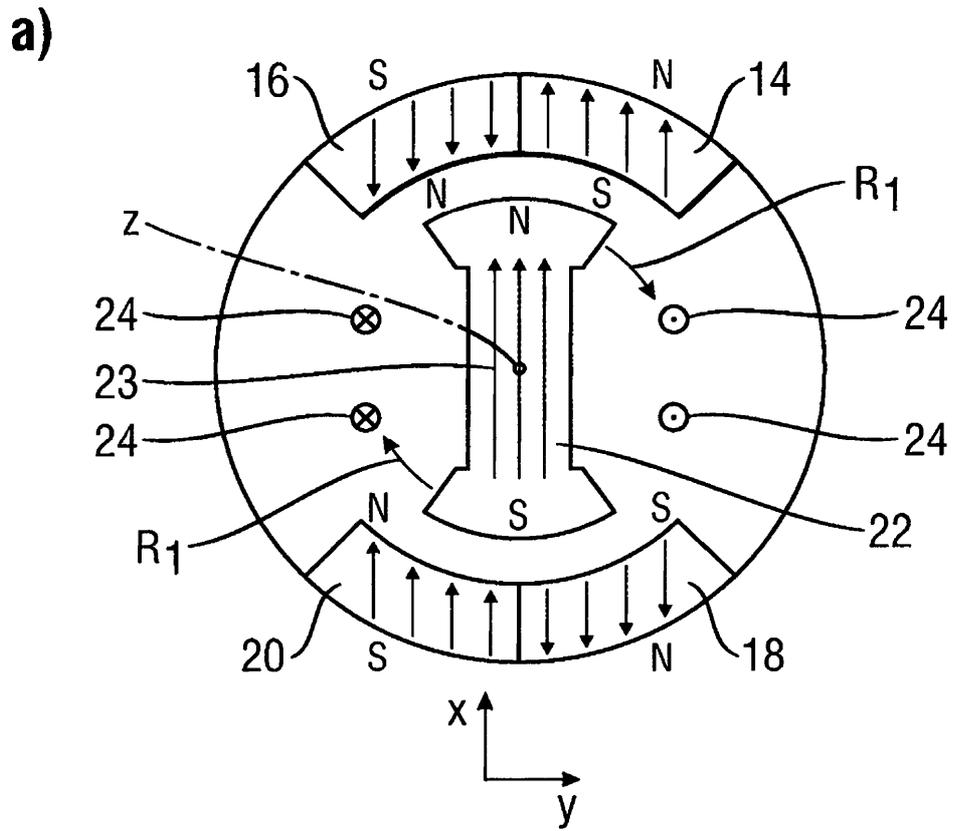
13. Método para hacer funcionar un motor eléctrico (10, 48, 68, 100, 128) para un dispositivo eléctrico pequeño que tiene al menos un primer componente (22, 54, 70, 140) de motor oscilante, un inductor (24, 56, 74, 130) para producir un campo magnético y una primera disposición de imanes que tiene al menos un imán permanente (14, 16, 18, 20; 50, 52; 76; 134, 136, 138) que, en interacción con un campo magnético producido con el inductor (24, 56, 74, 130) genera una fuerza para activar un movimiento (R) oscilante de rotación del al menos un primer componente (22, 54, 70, 140) de motor oscilante,
- 5
- caracterizado por que
- 10
- el par de reluctancia magnética que actúa entre el al menos un componente (22, 54, 70, 140) de motor oscilante y el al menos un imán permanente (14, 16, 18, 20; 50, 52; 76; 134, 136, 138) de la primera disposición de imanes se utiliza como la única fuerza de reposición para el movimiento (R) oscilante de rotación para mantener el movimiento oscilante sin ningún tipo de resorte de retorno mecánico adicional.



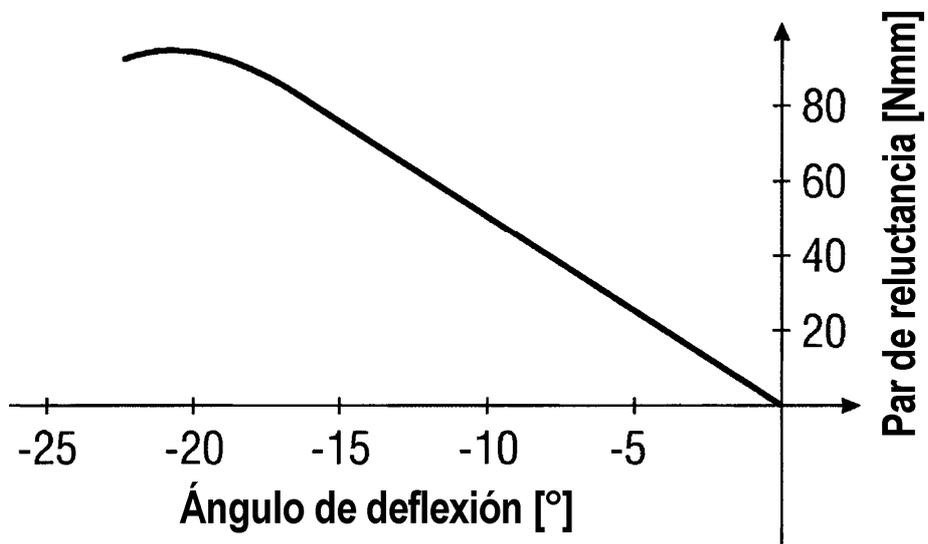
**Fig. 1**



**Fig. 2**

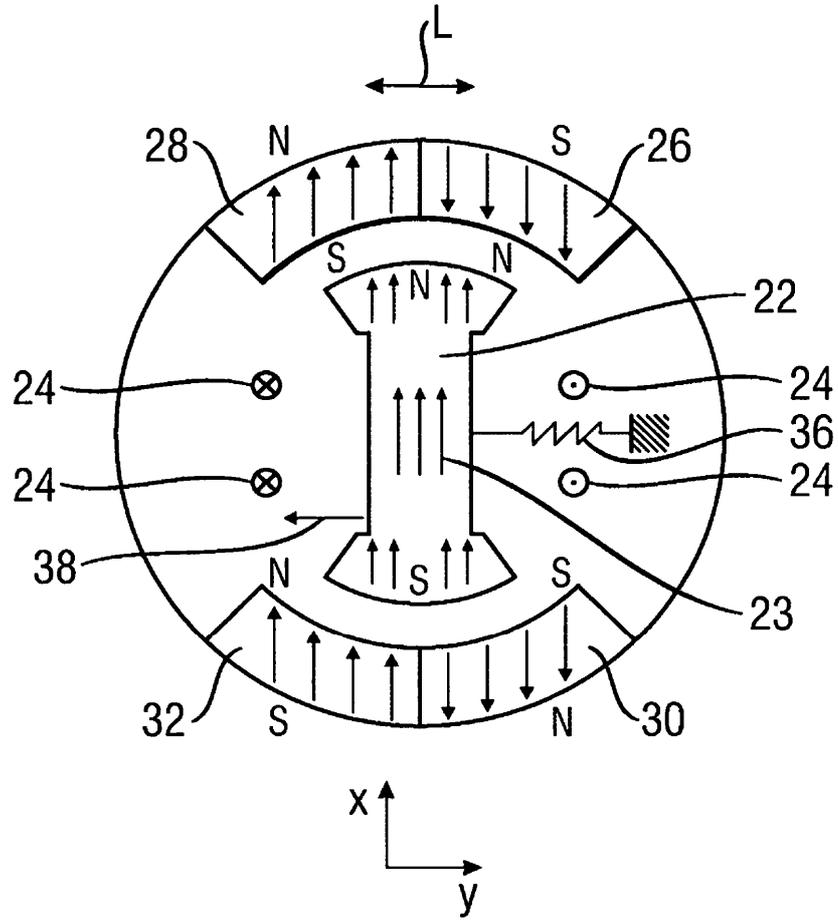


**Fig. 3**



**Fig. 4**

a)



b)

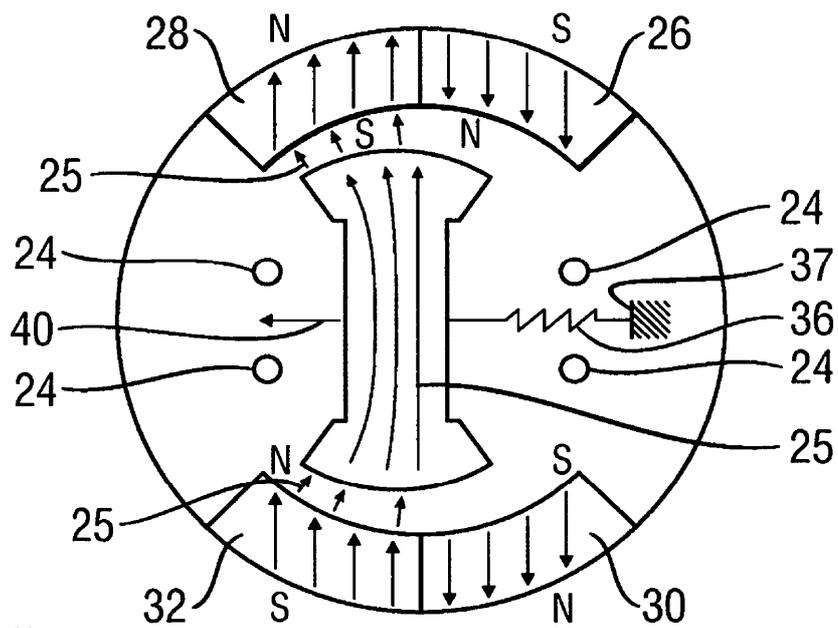
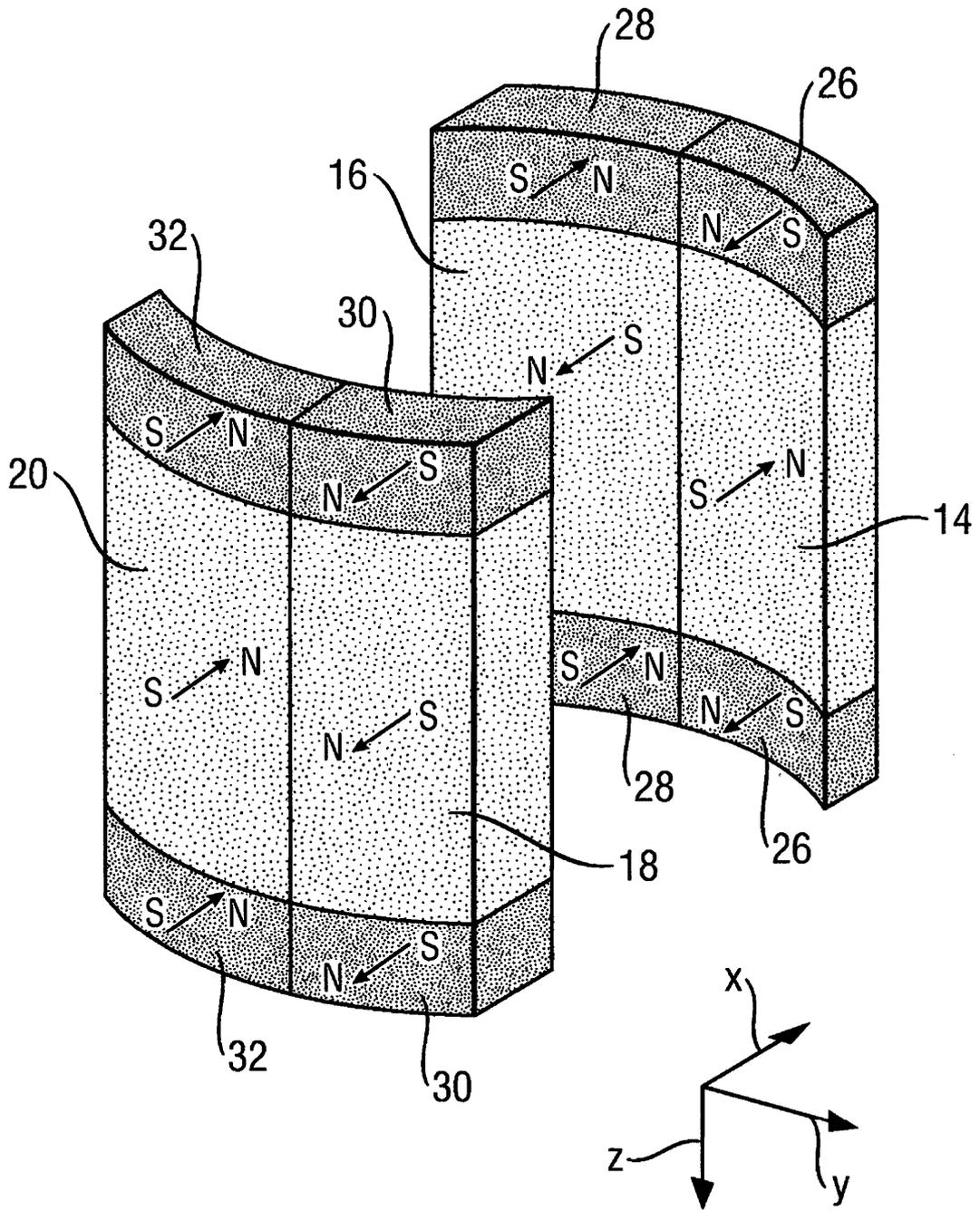
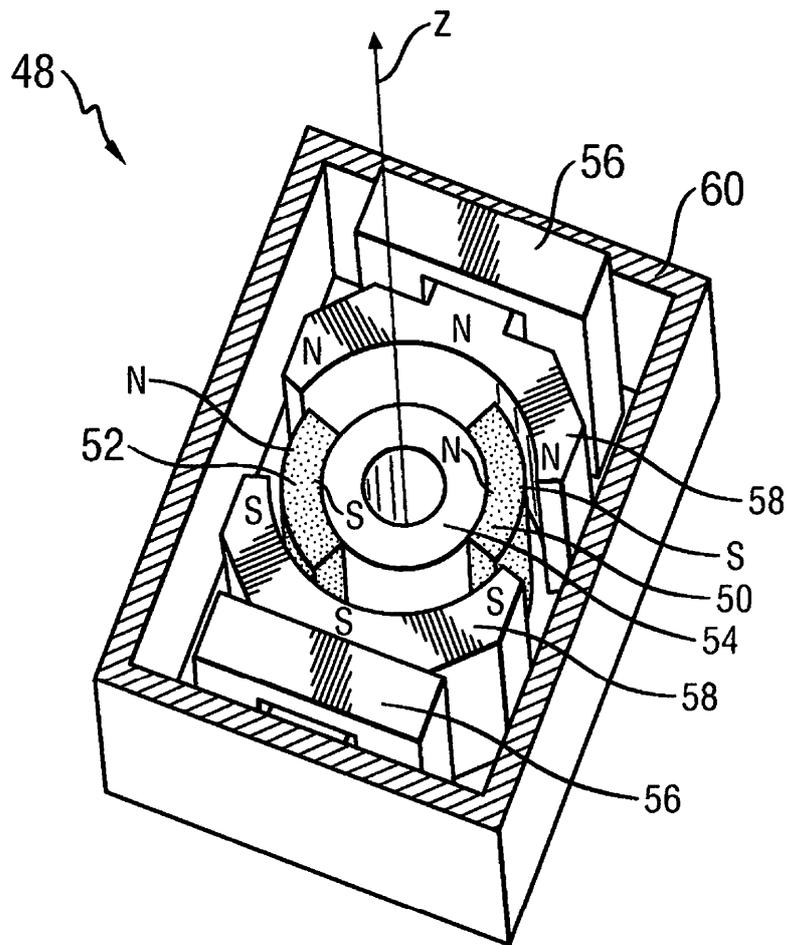


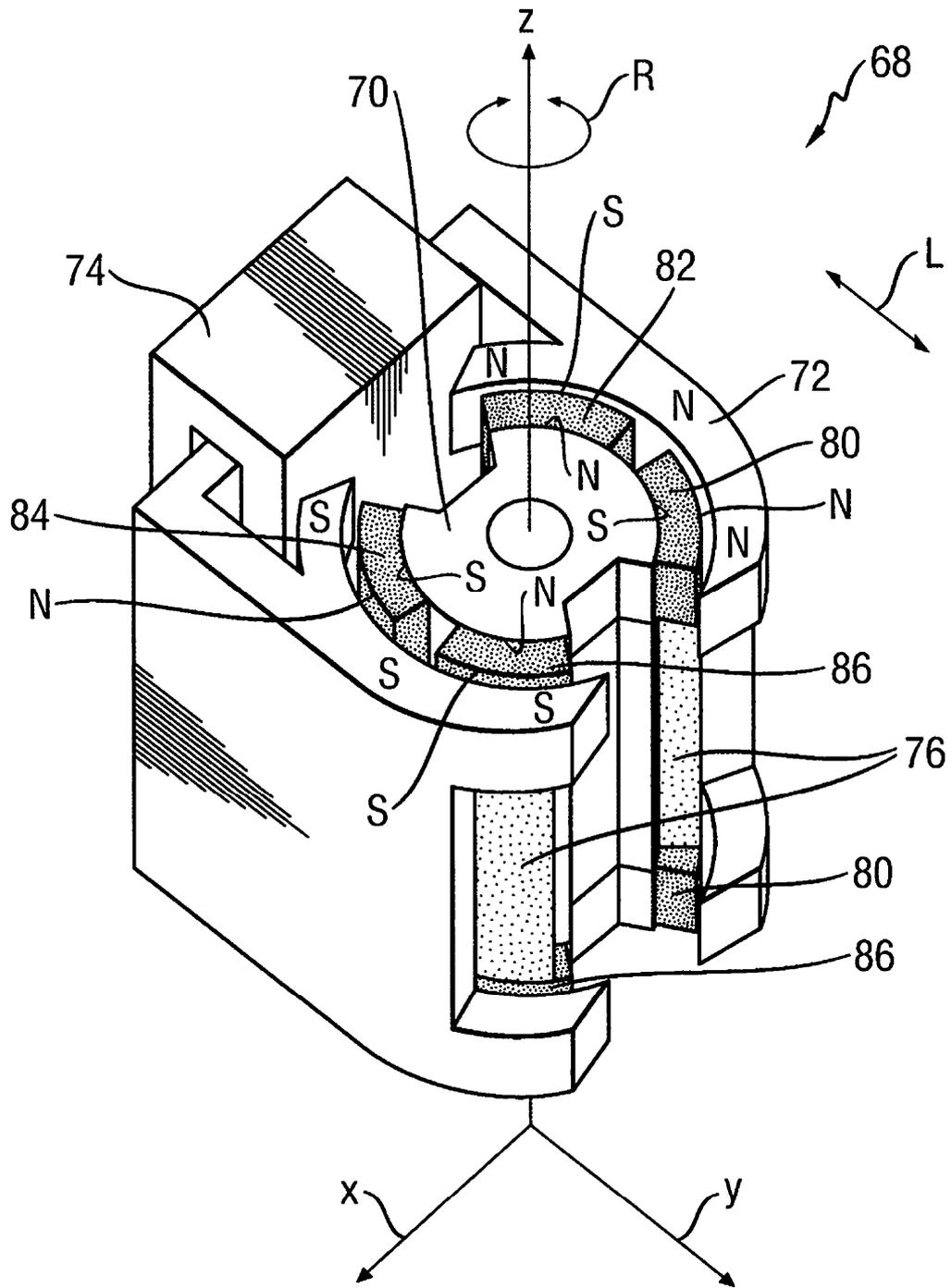
Fig. 5



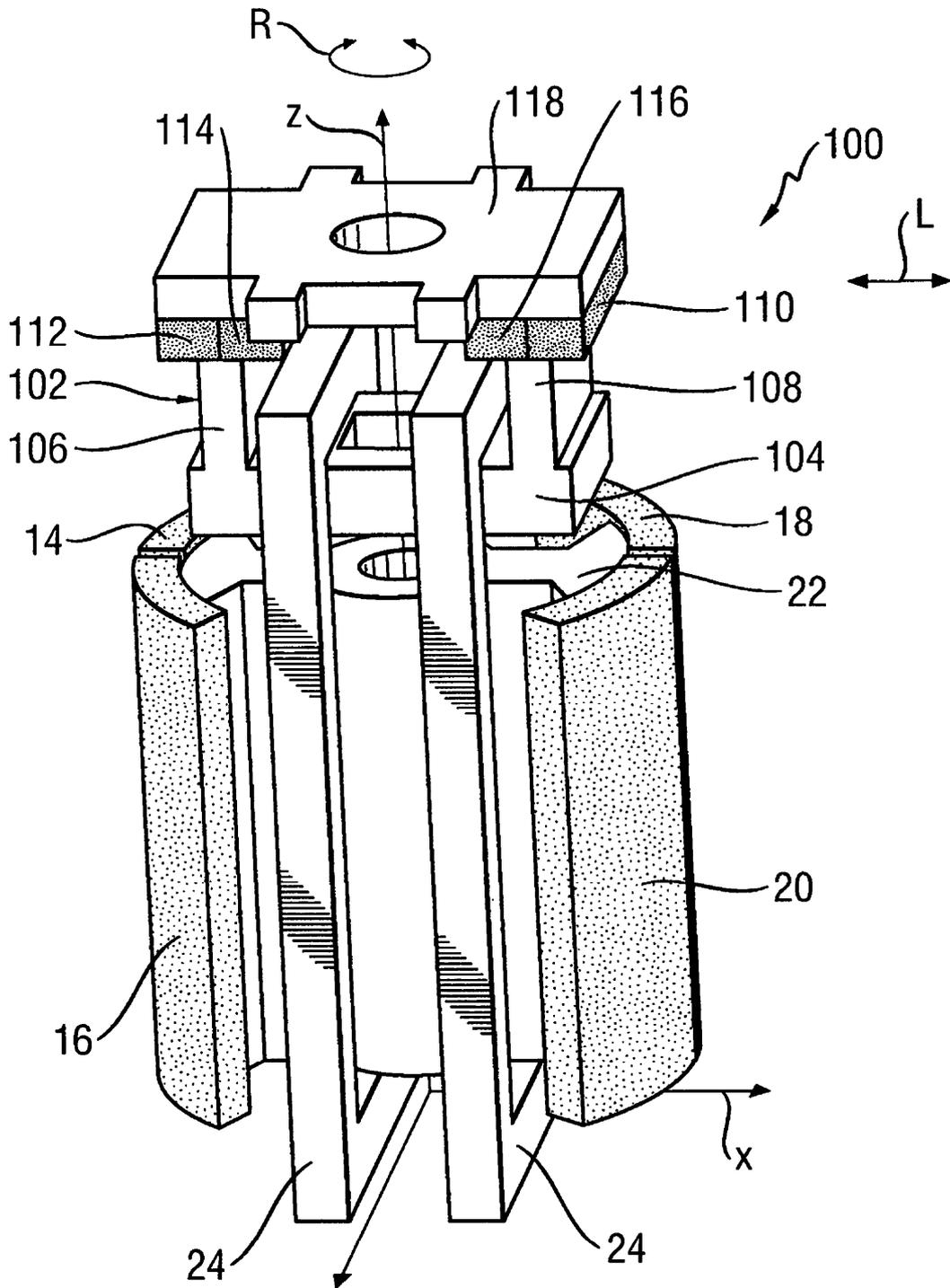
**Fig. 6**



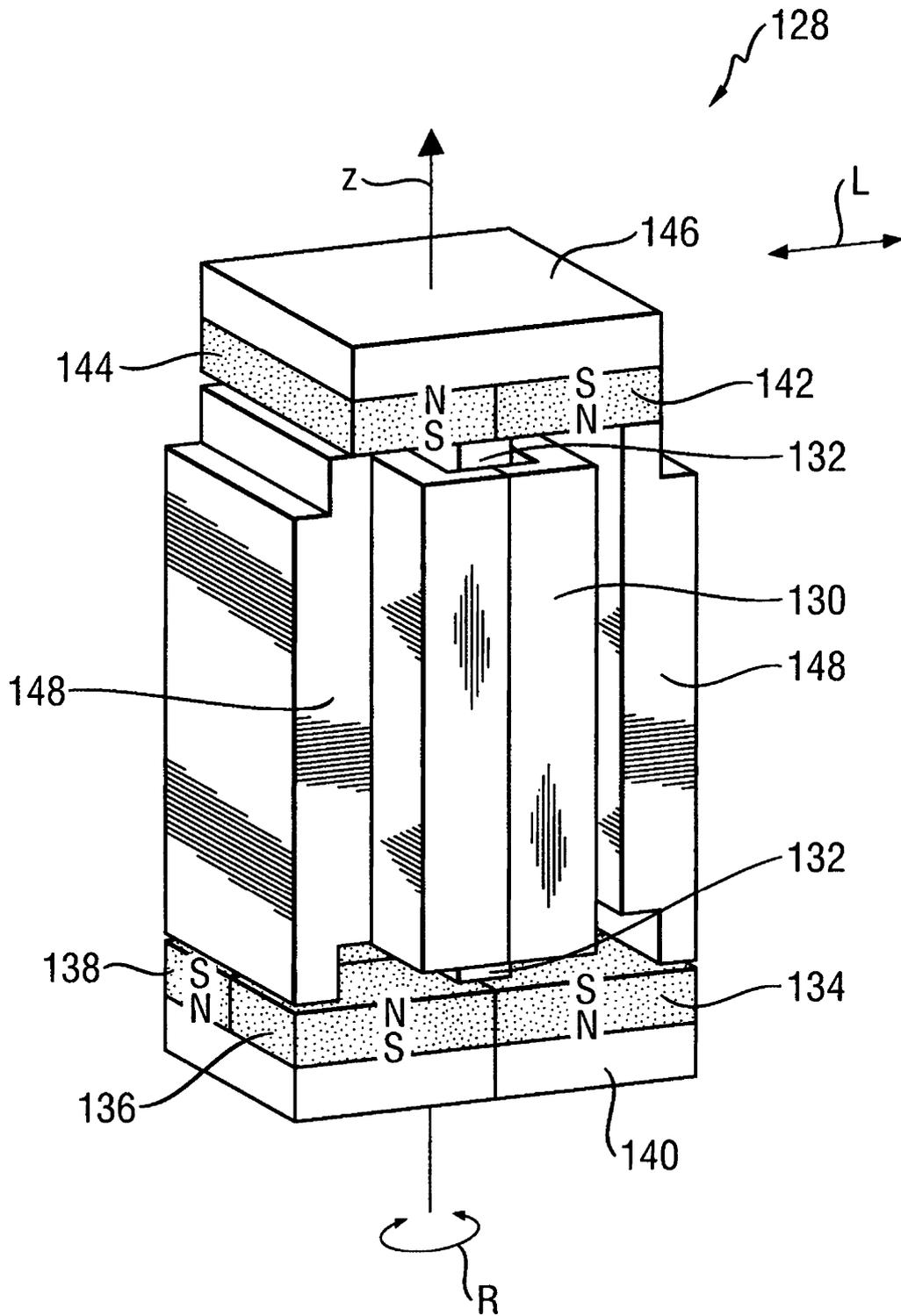
**Fig. 7**



**Fig. 8**



**Fig. 9**



**Fig. 10**